

Von der Idee zur Schaltung

Durchgangsprüfer selbst gebaut

In diesem Beitrag wollen wir zeigen, wie man aus einer Idee bzw. lediglich einem Schaltbild eine komplette funktionstüchtige Schaltung inklusive Gehäuse aufbaut. Für Enthusiasten, egal ob aus dem Elektronik- oder Modellbaubereich, ist es eine besondere Herausforderung, keine vorgefertigten Teile bzw. Bausätze zu verwenden.



Früher und heute

In früheren Zeiten wurden Platinen noch selbst geätzt. Doch diese Vorgehensweise ist sehr aufwendig, und es muss mit zum Teil giftigen Chemikalien gearbeitet werden. Zudem muss vor dem Ätzen von Platinen noch das entsprechende Layout erstellt werden. Das selbst erstellte Layout muss dann auf eine durchsichtige Folie übertragen werden, damit eine fotobeschichtete Platine belichtet und anschließend geätzt werden kann. Der ganze Produktionsprozess ist und war immer sehr aufwendig.

Aus diesem Grund sind viele Hobbyelektroniker dazu übergegangen, fertige Platinen bei Onlineanbie-

tern fertigen zu lassen. Dies ist zwar auf den ersten Blick nicht gerade günstig, aber man spart sich die genannten Prozesse. Lediglich ein Layout muss selbst erstellt werden, welches dann digital zum Onlineanbieter zur Platinenherstellung übertragen wird.

Kleinere und übersichtliche Schaltungen lassen sich aber auch auf Lochrasterplatinen aufbauen. Ein gut gemachter Lochrasteraufbau kann genauso funktionssicher wie der Aufbau auf einer geätzten Platine sein. Im Folgenden zeigen wir, wie man ohne großen Aufwand eine Schaltung auf einen Lochrasteraufbau überträgt.



Idee

Oft findet man im Internet interessante Schaltungsvorschläge, leider aber eben nur das Schaltbild – keine fertige Platine oder einen Bausatz. Möchte man diese Schaltung realisieren bzw. nachbauen, führt kein Weg an einem Nachbau auf einer Lochrasterplatine oder einem Steckboard (Breadboard) vorbei, solange kein Platinenlayout in digitaler Form zur Verfügung steht, welches zum Anfertigen einer Platine genutzt werden könnte.

In unserem Beispiel wollen wir nun zeigen, wie man lediglich anhand eines Schaltbilds die Schaltung auf einen Lochrasteraufbau überträgt. Wir haben uns bei der Schaltung für einen Durchgangsprüfer entschieden. Hierfür gibt es im Internet zahlreiche Schaltungsvorschläge.

Die Schaltung ist ein echter Klassiker, und wir haben sie vor 20 Jahren schon einmal im ELVjournal (Ausgabe 4/2000, [1]) vorgestellt. Der Bausatz ist auch heute noch im ELVshop erhältlich [2]. Es handelt sich um den Durchgangsprüfer DP100 (Bild 1). Wer also keine Zeit oder Lust hat, die Schaltung „von Hand“ auf eine Lochrasterplatine aufzubauen, kann sich auch den Bausatz bestellen. Das Erfolgserlebnis ist natürlich um ein Vielfaches größer, wenn man alles selbst baut und ein entsprechendes Verdrahtungslayout entwickelt. Der Aufwand ist zwar wesentlich höher, aber der Lerneffekt dafür umso größer.

Schaltung

Die Schaltung basiert auf dem Prinzip einer astabilen Kippstufe (Bild 2). Die Schaltung für unser Lochraster-Projekt basiert auf dem Schaltbild vom originalen DP100, das ein wenig modifiziert wurde (Bild 3).

Im Folgenden soll die Funktionsweise erläutert werden. Die Schaltung des Durchgangsprüfers DP100 besteht im Wesentlichen aus der allgemein bekannten astabilen Kippstufe. Sie generiert den Takt für das akustische Prüfsignal. Bild 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer solchen Kippstufe, wie sie in fast jedem Lehrbuch zu finden ist und daher an dieser Stelle nicht detailliert erläutert zu werden braucht. Zur Funktion sei nur noch einmal so viel erwähnt, dass diese Schaltung ein Rechtecksignal erzeugt und die Kippfrequenz von der Dimensionierung der Widerstände R1/R2 und der beiden Kondensatoren C1/C2 abhängt.

Unser Lochraster-Durchgangsprüfer, dessen Schaltbild in Bild 3 zu sehen ist, erhält seine Versorgungsspannung über den Anschluss +UB (Pluspol) und -UB (Minuspol). Der mit R4 bezeichnete Widerstand der Beispielschaltung aus Bild 2 wurde in unserer Schaltung durch die Basis-Emitter-Strecke von T4 in Verbindung mit R7 ersetzt. Der Transistor T4

verstärkt das Ausgangssignal der Kippstufe und steuert den Lautsprecher an. Der Widerstand R8 begrenzt dabei den Ausgangstrom und verhindert somit eine Übersteuerung des Lautsprechers.

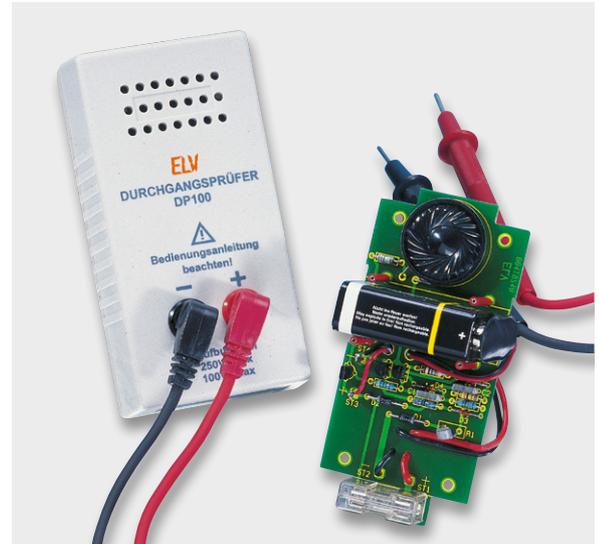


Bild 1: Bausatz Durchgangsprüfer DP100

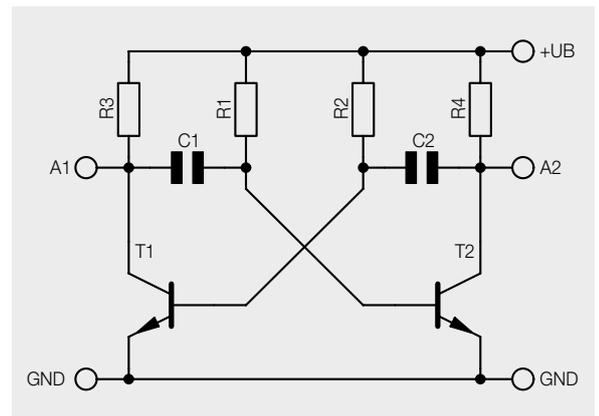


Bild 2: Prinzipschaltbild einer astabilen Kippstufe

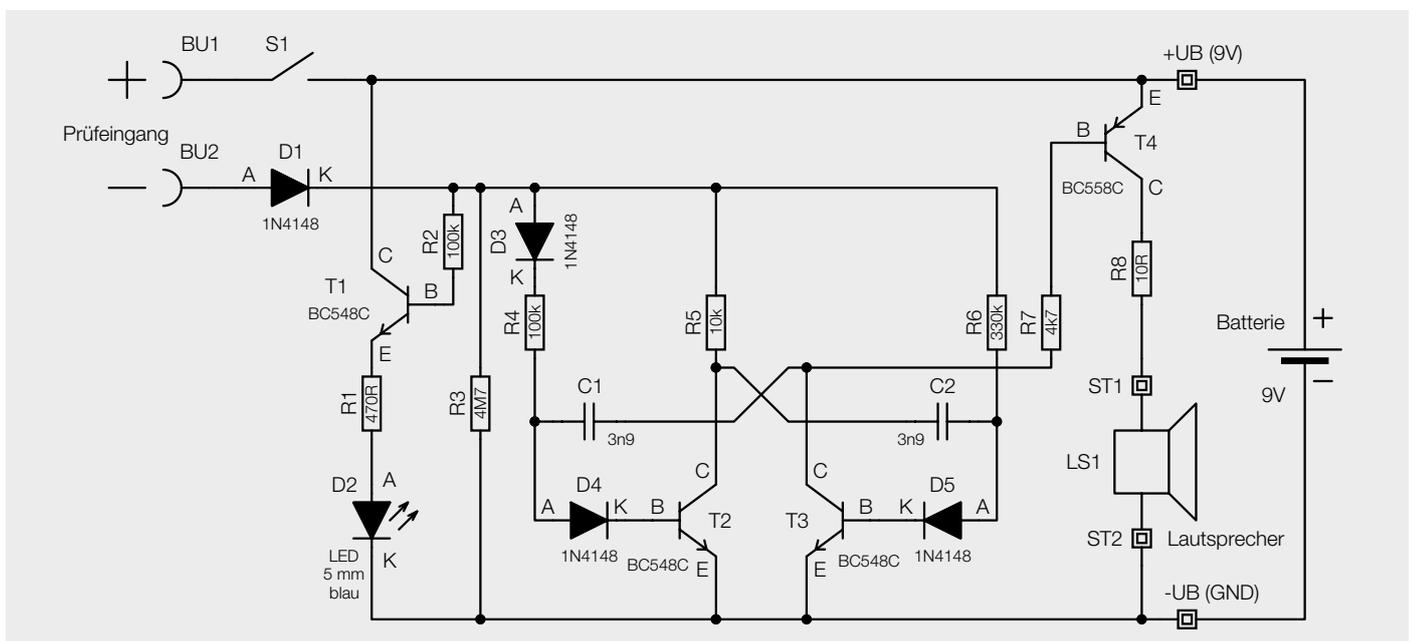


Bild 3: Schaltbild des Lochraster-Durchgangsprüfers

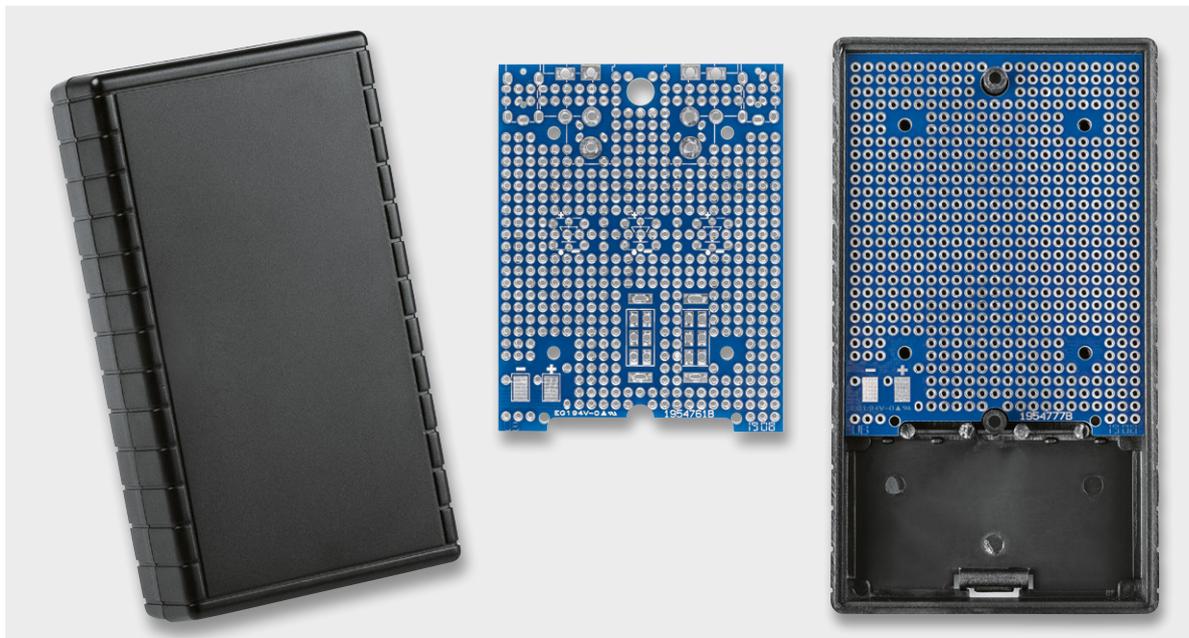


Bild 4: ELV-Unibox1 und passende Lochrasterplatine (Unibox-PCB1). Im Gehäuse (rechts) ist die Lochrasterplatine Unibox-PCB2 zu sehen, die in unserer Anwendung nicht verwendet wird.

Damit die Kippstufe schwingen kann, müssen die Widerstände R4 bis R6 mit der positiven Versorgungsspannung verbunden sein. Diese Verbindung erfolgt an BU1 und BU2 über den Widerstand des angeschlossenen Prüfobjekts. Da die Schwingfrequenz der Kippstufe unter anderem von der Höhe der Widerstände R4 und R6 abhängt, wird sie jetzt natürlich auch vom Prüfobjekt selbst mitbestimmt. Je höher der Widerstand ist, desto länger dauert es, bis die Kondensatoren C1 und C2 geladen sind. Hierin liegt also die sinkende Tonfrequenz bei steigendem Widerstand des Prüflings begründet.

Der Widerstand R3 sorgt dafür, dass bei offenem Prüfeingang die Widerstände R4 und R6 auf Massepotential liegen. Dadurch ist gewährleistet, dass alle

Transistoren sicher sperren und bei Nichtbenutzung die Batterie nicht entladen wird. Die Dioden D4 und D5 verhindern negative Spannungsspitzen an den Basisanschlüssen von T1 und T2. Diese Spannungsspitzen entstehen dadurch, dass die positiv geladenen Anschlüsse von C1 und C2 jeweils beim Umkippen der Schaltung auf Massepotential geschaltet werden. Da die Kondensatoren nicht sofort entladen sind, werden die Anschlüsse, welche zuvor auf Massepotential lagen, in den negativen Bereich verschoben. Die Diode D3 verhindert bei sehr großem Prüflingswiderstand Potentialverschiebungen durch C1 am Knotenpunkt R5/R6. Die Diode D1 arbeitet als Gleichrichter und sorgt dafür, dass eine eventuell zwischen den Prüfbuchsen anliegende Fremdspannung nur in einer Polungsrichtung wirken kann.

Unsere Schaltung ist gegenüber dem DP100 noch um eine optische Anzeige erweitert worden. Dies geschieht mithilfe des Transistors T1. Die Basis dieses Transistors ist über D1 und den Widerstand R2 mit dem Testeingang BU2 verbunden. Ist der Widerstandswert zwischen BU1 und BU2 ausreichend klein, dann fließt ein Strom in die Basis von T1, woraufhin dieser durchschaltet und die LED D1 ansteuert. Der Widerstand R1 dient zur Strombegrenzung für die LED. Je nach Widerstandswert zwischen BU1 und BU2 leuchtet die LED unterschiedlich hell.

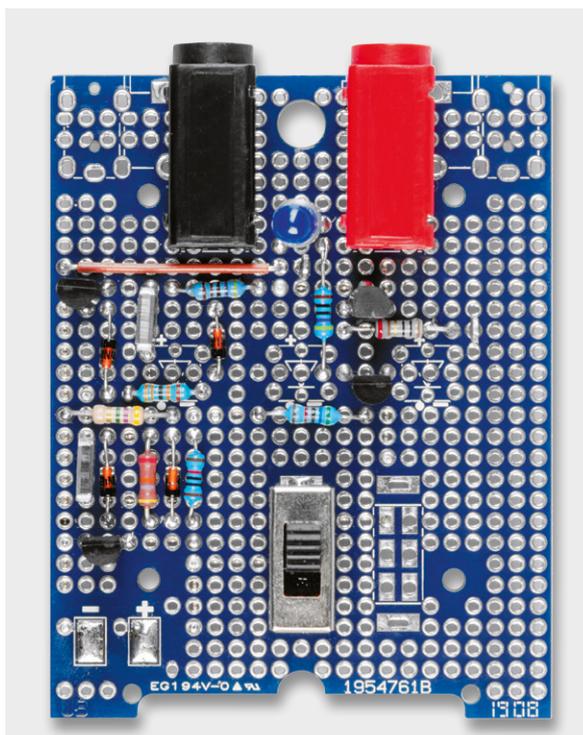


Bild 5: Fertig aufgebaute Schaltung des Durchgangsprüfers

Aufbau

Die Schaltung soll auf einer Lochrasterplatine aufgebaut werden. Falls kein Gehäuse vorgesehen ist, kann im Prinzip jede Art Lochrasterplatine verwendet werden. Wir möchten an unserem Beispiel zeigen, wie praktisch eine konfektionierte Lochrasterplatine für ein passendes Gehäuse sein kann.

Bild 4 zeigt das ELV Gehäuse Unibox1 [3], welches mit einem Batteriefach ausgestattet ist. Daneben ist eine passende Lochrasterplatine [4] zu sehen. Diese Lochrasterplatine ist speziell auf das UniBox1-Gehäuse angepasst, d. h., die Bohrungen sind für den Einbau in das Gehäuse angelegt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, spezielle Bauteile zu bestücken. Dies sind unter anderem diverse Buchsen sowie Taster und Schalter. In unserem Fall benötigen wir zwei 4-mm-Bananenbuchsen und einen Schiebeschalter, wie man im fertigen Aufbau (Bild 5) erkennen kann.

Doch beginnen wir nun Schritt für Schritt mit den Aufbaustufen. Das Schaltbild unserer Schaltung liegt uns nun vor. Wer möchte, kann die Schaltung zuerst auf einem Steckboard (Breadboard) aufbauen. Dies ist bei Schaltungen ratsam, bei denen man nicht weiß, ob diese auch so wie gewünscht funktionieren bzw. wenn man selbst noch Modifikationen vornehmen will.

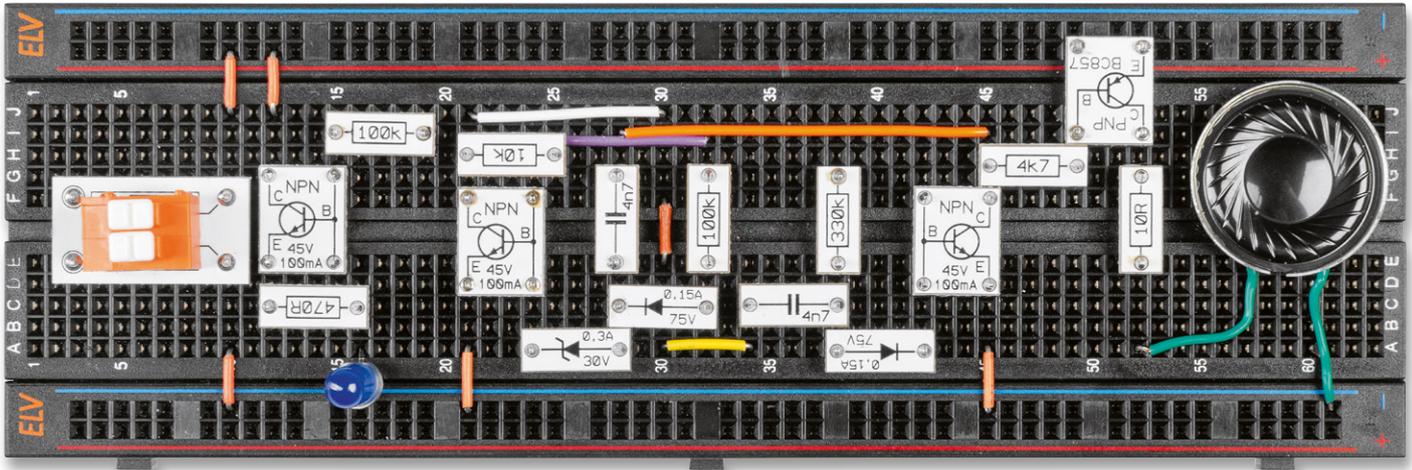


Bild 6: Testaufbau des Durchgangsprüfers auf einem Steckboard. Anstatt herkömmlicher bedrahteter Bauteile kommen hier die ELV-Prototypenadapter zum Einsatz.

In Bild 6 ist solch ein Testaufbau auf einem Steckboard zu sehen. Wir haben zur besseren Übersicht Bauteile aus unserer Prototypenadapterserie PAD verwendet [5]. Hier zeigen sich auch die Vorteile dieser Adapter – alles wirkt übersichtlich, die Bauteilwerte sind klar erkennbar.

Für den Nachbau auf unserer Lochrasterplatine benötigen wird noch eine Art Layout, das zeigt, wie die Bauteile auf der Platine verdrahtet werden müssen. Diese Aufgabe dürfte für den Anfänger am schwierigsten sein. In unserem Beispiel ist dies relativ einfach, denn wir haben diese Aufgabe übernommen. In Bild 7 ist der Verdrahtungsplan für den Durchgangstester zu sehen. Natürlich kann man diesen Plan auch ignorieren und versuchen, das „Layout“ selbst zu erstellen. Unser Beispiel soll ja auch einen gewissen Lerneffekt haben.

Der erfahrene Elektroniker kann nun loslegen, doch wir wollen auch dem Einsteiger erklären, was alles bei der Bestückung zu beachten ist. Die Bauteile werden entsprechend dem Verdrahtungsplan von oben in die Platine eingesetzt und auf der Unterseite verlötet und verdrahtet. Zuerst müssen die Bauteile identifiziert werden. Hierzu gibt es in der Tabelle 1 eine Übersicht aller verwendeten Bauteile. Im oberen Teil von Tabelle 1 sind die benötigten Widerstände dargestellt. Die Bauteilwerte sind in Form von Farbringen kodiert. (Auf die Vorgehensweise der Kodierung wollen wir hier nicht weiter eingehen, hierzu gibt es zahlreiche In-

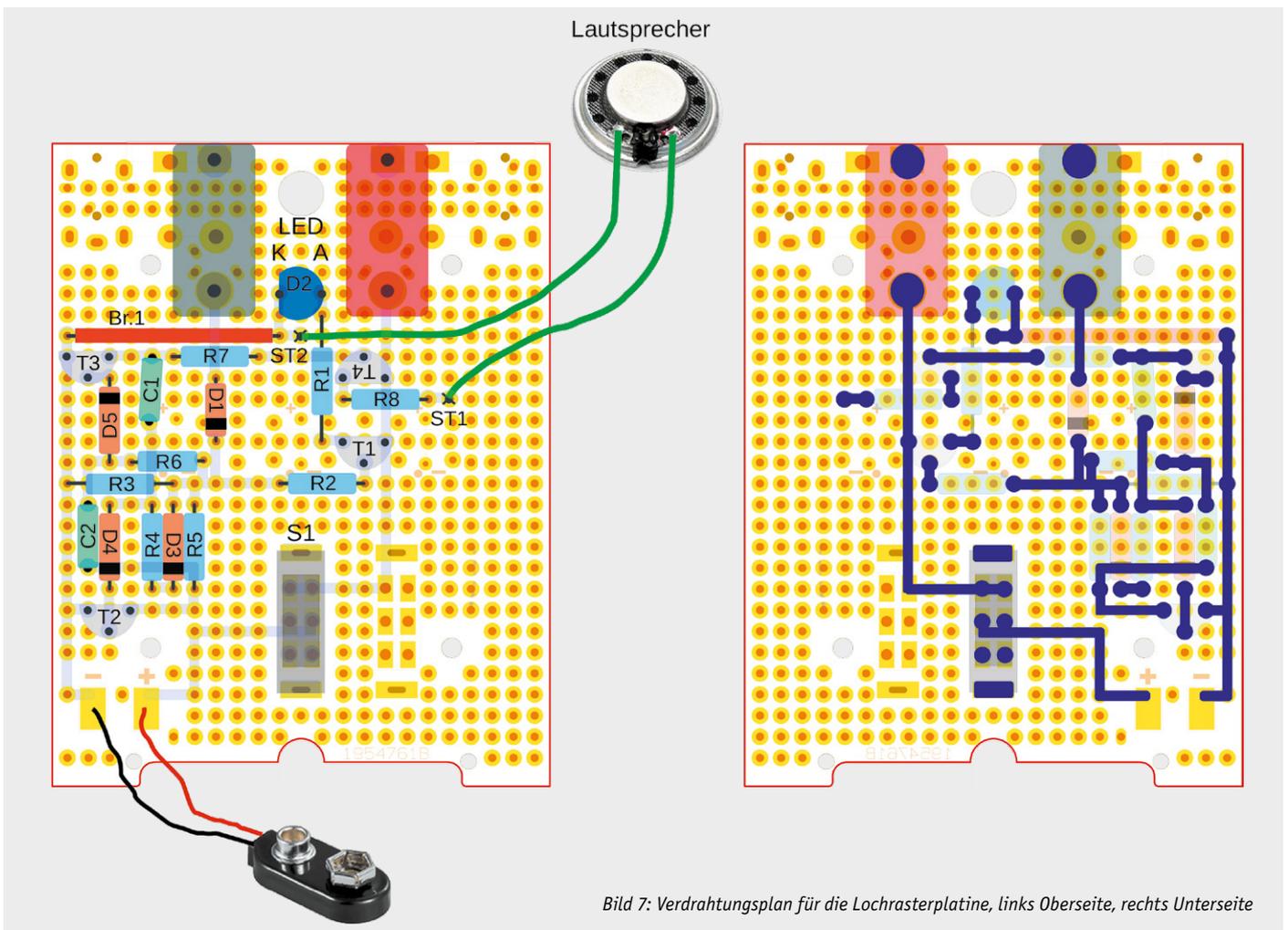


Bild 7: Verdrahtungsplan für die Lochrasterplatine, links Oberseite, rechts Unterseite



Tabelle 1: Bauteileliste für Durchgangsprüfer und Identifikationshilfe für bedrahtete Bauteile

| Widerstand 5 Farbringe | | | | | Wert | Typ | Referenz | Artikel-Nr. ELV |
|---------------------------|------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|------------|----------|-------------------|
| | | | | | | | | |
| braun | schwarz | schwarz | gold | | 10 Ω | Widerstand | R8 | 006317 (10 Stück) |
| gelb | violett | schwarz | schwarz | braun | 470 Ω | Widerstand | R1 | 006392 (10 Stück) |
| gelb | violett | schwarz | braun | braun | 4,7 kΩ | Widerstand | R7 | 006387 (10 Stück) |
| braun | schwarz | schwarz | rot | braun | 10 kΩ | Widerstand | R5 | 006313 (10 Stück) |
| braun | schwarz | schwarz | orange | braun | 100 kΩ | Widerstand | R2, R4 | 006309 (10 Stück) |
| orange | orange | schwarz | orange | braun | 330 kΩ | Widerstand | R6 | 006362 (10 Stück) |
| gelb | violett | schwarz | gelb | braun | 4,7 MΩ | Widerstand | R3 | 006388 (10 Stück) |
| Foto | Aufdruck | Wert | Bezeichnung | Referenz | Artikel-Nr. ELV | | | |
| | 3n9 400 | 3,9 nF | Kondensator Folie | C1, C2 | 002837 | | | |
| | | BC548C | Transistor NPN | T1, T2, T3 | 005338 | | | |
| | | BC558C | Transistor PNP | T4 | 005344 | | | |
| | | | 4 mm Buchse, rot | BU1 | 105748 | | | |
| | | | 4 mm Buchse, schwarz | BU2 | 105749 | | | |
| | PH48 | 1N4148 | Diode | D1, D3-D5 | 002304 | | | |
| | | ∅ 23 mm 8 Ω | Lautsprecher | LS1 | 111912 | | | |
| | | LED blau | LED Leuchtdiode | D2 | 144052 | | | |
| | | 2x um | Schiebeschalter | S1 | 029013 | | | |
| | | | Lötstift mit Öse | ST1 und ST2 Anschluss Lautsprecher | 001709 | | | |
| | | ∅ 0,6 mm | Silberdraht | Verdichtung der Bauteile auf der Unterseite | 116058 | | | |
| | | 1x 0,14 mm ² grün | Schaltlitze | Anschluss Lautsprecher | 008433 | | | |
| | | 9 V | Batterieclip | | 117342 | | | |
| | | | Gehäuse UniBox | | 154290 | | | |
| | | | Lochrasterplatine (Unibox1-PCB1) | | 154728 | | | |
| | | | Testkabel | | 047235 | | | |



formation im Internet.) In den einzelnen Spalten sind die Farbzurordnung, der Bauteilwert, die Referenzbezeichnung und die ELV Artikelnummer dargestellt. Oft hat man die benötigten Bauteile ja auch schon in der Bastelkiste rumliegen.

Alle Bauteile sind mit einem Foto bzw. einer Zeichnung gekennzeichnet. Falls Bauteile einen Aufdruck aufweisen, ist dieser auch in der Tabelle zu finden. Speziell bei Kondensatoren gibt es hierfür spezielle Kodierungen.

In unserem Fall benötigen wir nun einen Kondensatortyp, und zwar einen 3,9-nF-Kondensator, einen Folienkondensator mit dem Aufdruck 3n9. Die 400 unter dem Bauteilwert gibt die Spannungsfestigkeit an,

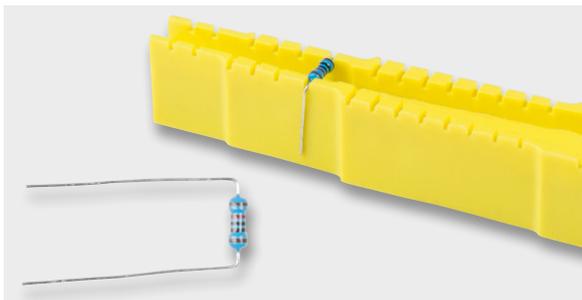


Bild 8: Mit einer Biegelehre können die Anschlussdrähte auf das richtige Maß gebogen werden.

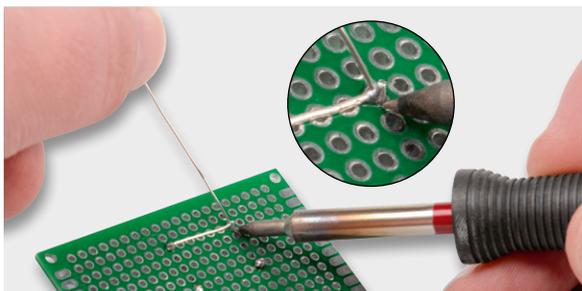


Bild 9: So wird die Verbindung zwischen den Bauteilen hergestellt.

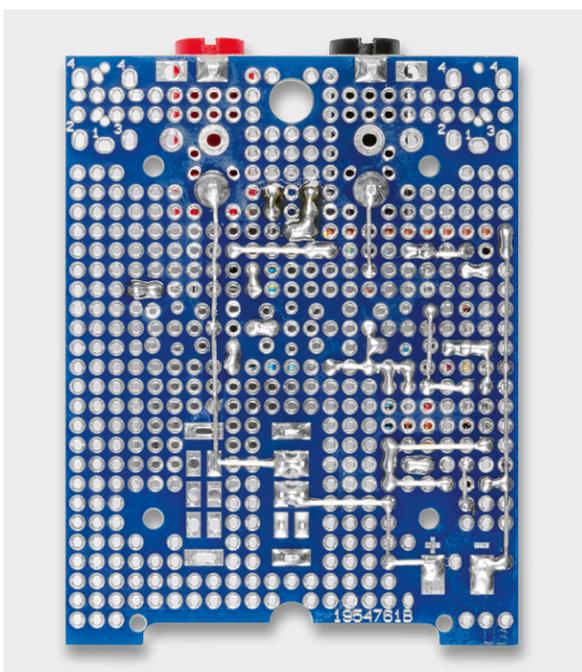


Bild 10: So sieht der Lochrasteraufbau von unten aus.

hier 400 V. Für unsere Anwendung mit einer Betriebsspannung von 9 V mehr als ausreichend.

Die Bauteilreferenzen (also R1, C1 usw.) sind im Schaltbild und dem Verdrahtungsplan identisch und müssen dementsprechend auch übereinstimmen. Um Widerstände und Dioden schön im Rastermaß abzuwinkeln, gibt es ein spezielles Werkzeug. Und zwar eine Biegelehre, wie in **Bild 8** dargestellt. Hiermit können Bauteile mit langen Anschlussdrähten auf das richtige Rastermaß gebogen werden. Wie so etwas auch mit dem 3D-Drucker realisiert werden kann, zeigen wir in diesem ELVjournal in dem Beitrag zum 3D-Druck elektronischer Tools auf Seite 42.

Hier noch ein paar Hinweise zum Verlöten der Bauteile. Nach dem Verlöten der Bauteile werden die Verbindungen zwischen den Bauteilen mit Silberdraht hergestellt, wie in **Bild 9** zu erkennen ist. Wie unsere Schaltung fertig aufgebaut von unten aussieht, ist in **Bild 10** zu sehen. Überstehende Drahtenden werden mit einem Seitenschneider abgeschnitten.

Nun kann es endlich mit der Bestückung losgehen. Damit die Bauteile genau wie in **Bild 7** vorgegeben platziert (bestückt) werden können, sollte man in einer Ecke anfangen und sich dann langsam vorarbeiten. Zweckmäßigerweise fängt man mit der Bestückung von Transistor T2 an. Da dieses Bauteil sehr nah am Rand der Platine sitzt, kann die Position durch Abzählen der Lötäugen genau ermittelt werden. Der mittlere Anschluss des Transistors (Basis) wird leicht nach hinten gebogen, sodass die drei Anschlüsse ein dreieckförmiges Muster ergeben.

Die Anschlussbelegung und alle weiteren Bauteile sind ebenfalls in **Tabelle 1** erkennbar. Bei den Dioden ist auf die richtige Einbaulage (Polarität) zu achten. Die Kathode ist durch einen aufgedruckten Ring erkennbar. Die LED ist ebenfalls eine Diode und hat folglich einen Anoden- und Kathodenanschluss. Bei 5-mm-LEDs wird die Polarität durch eine abgeflachte Gehäuseseite (Kathode, -) bzw. durch einen etwas längeren Anschlussdraht (Anode, +) markiert. Die LED muss eine Einbauhöhe von 18 mm aufweisen (gemessen zwischen Platine und LED-Oberkante).

Nach dem Bestücken der Bauteile dreht man die Platine um und kann sich für Verdrahtung an der rechten Grafik in **Bild 7** orientieren. Auch das Platinenfoto in **Bild 10** kann hierfür sehr hilfreich sein.

Für den Anschluss des Lautsprechers setzt man zwei Lötstifte ein, an die das Verbindungskabel zum Lautsprecher angelötet wird. Wie man in **Bild 5** und **Bild 7** erkennt, muss eine Kabelbrücke (Br1) angefertigt und bestückt werden. Hierfür nimmt man ein kleines Stück isolierten Schalt- drahts, der entsprechend gebogen wird.

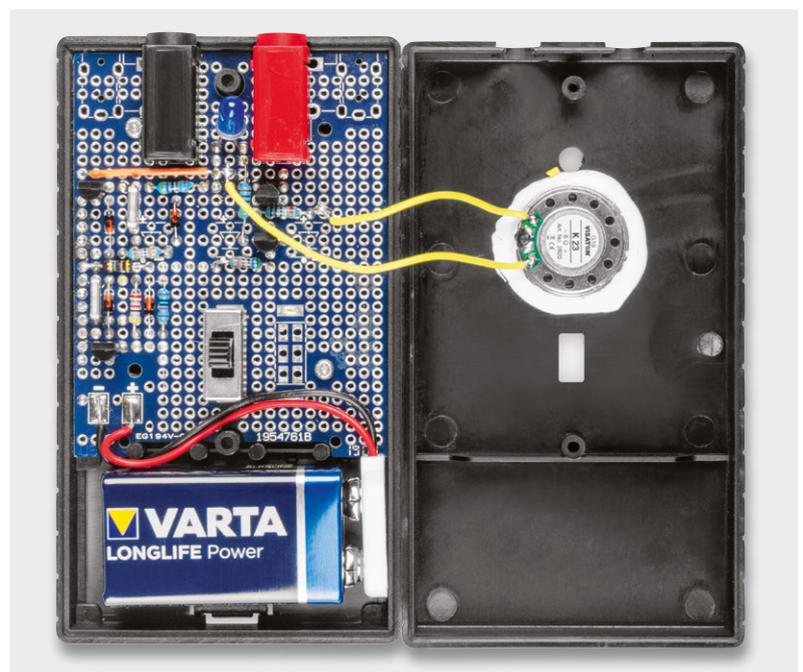


Bild 11: Schaltung fertig in das Gehäuse eingebaut

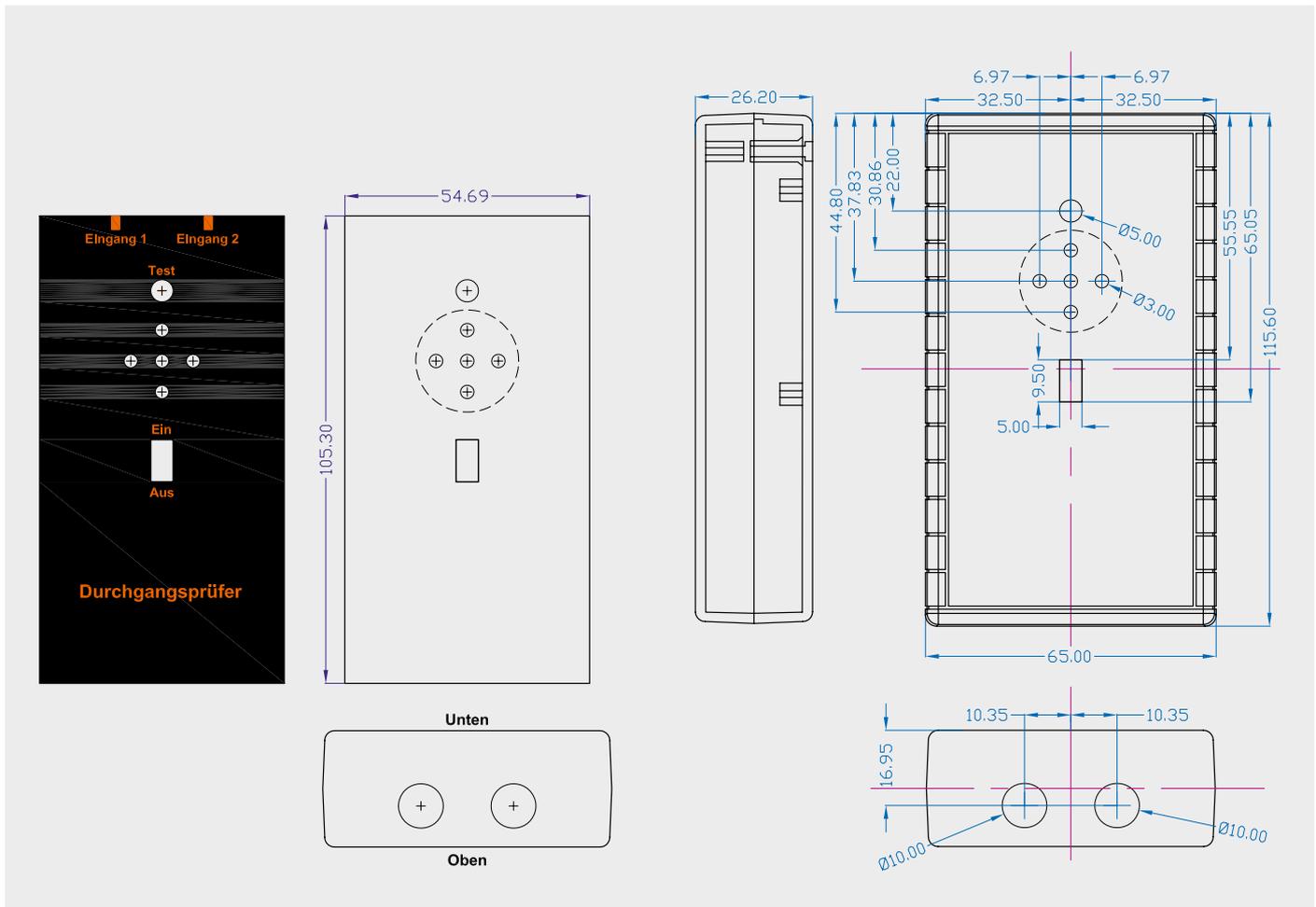


Bild 12: Bohrschablonen und Maßzeichnung für die Gehäuseoberseite und die Frontseite sowie eine Vorlage für das Gehäusedesign mit Beschriftung (verkleinerte Darstellung)

Gehäuse

In Bild 11 ist erkennbar, wie die Platine in das Gehäuse eingebaut wird. Gut zu sehen ist auch, wo der 9-V-Batterieclip und der Lautsprecher angeschlossen werden. Das Gehäuse muss allerdings noch bearbeitet werden. Dies ist eine nicht ganz einfache Aufgabe, denn es müssen zahlreiche Bohrungen und ein Vierkantloch eingebracht werden.

Unter [6] lassen sich Bohrschablonen herunterladen, die eine gute Hilfestellung beim Positionieren der Bohrungen geben. Die heruntergeladene PDF-Seite (Bild 12) mit den Schablonen wird 1:1 ausgedruckt. Es gibt je eine Schablone für die Gehäuseoberseite und die Frontseite sowie

eine Vorlage für das Gehäusedesign mit Beschriftung.

Die Schablonen werden ausgeschnitten und mit z. B. Tesafilm auf dem Gehäuse befestigt. Die vier-eckige Aussparung in der Schablone für den Schieb-schalter kann vorher ausgeschnitten werden, so lässt sich diese mit einem Markierstift kennzeichnen (Bild 13 A). Die Bohrungen werden mit einem spitzen Gegenstand durch das Papier gedrückt (Bild 13 B und 13 C). Nach dem Abnehmen der Schablone sind diese



Bild 13: So werden die Schablonen aufgeklebt und die Bohrungen markiert.



Markierungen auf der Kunststoffoberfläche zu sehen. Die Bohrdurchmesser sind ebenfalls im Bohrplan angegeben.

Für die viereckige Aussparung sollten zunächst mehrere kleine Bohrungen gemacht werden, so dass man das Loch mit einer Feile vergrößern kann (Bild 14 A). Die beiden Bananenbuchsen erfordern etwas größere Bohrungen. Hier nimmt man zweckmäßigerweise einen Stufenbohrer (Bild 14 B).

Möchte man die Fronplatte, also die Gehäuseoberseite, noch etwas verschönern, kann man das Frontplattendesign, das ebenfalls auf der Seite der Bohrschablone zu finden ist, auf selbstklebender Folie ausdrucken. Hierfür gibt es im Handel speziell beschichtetes Papier, das bedruckbar ist. Diese Folie muss dann so bearbeitet werden, dass Löcher für den Lautsprecher bzw. Schiebschalter vorhanden sind. Bild 15 zeigt die aufgeklebte Frontplattenfolie – nicht perfekt, aber es gibt dem Ganzen einen professionellen Look.

Zum Schluss wird die Platine in das Gehäuse eingesetzt und verschraubt (Schrauben liegen dem Gehäuse bei). Der Lautsprecher wird mit z. B. Heizkleber in die Gehäuseoberschale eingeklebt. Anschließend werden Kabel angelötet, die die Verbindung zu den Lötstiften auf der Platine herstellen, wie in Bild 11 zu sehen ist.

Bei dem Batterieclip für die 9-V-Batterie ist die Polung durch die Farben der Anschlussdrähte gekennzeichnet. Das rote Kabel ist der Pluspol und das schwarze Kabel der Minuspol. Entsprechend sind diese Kabel mit den Anschlüssen auf der Platine zu verbinden. Nach dem Anschließen der Batterie und dem Verschließen des Gehäuses ist der Nachbau beendet. Wenn man keine Fehler bei der Verdrahtung der Bauteile gemacht hat, sollte die Schaltung nun funktionieren.



Bild 14: So werden die Bohrungen eingebracht.

Funktionsprüfung

Die Schaltung besitzt zwar einen Ein-/Aus-Schalter, jedoch ist die Stromaufnahme sehr niedrig. Hat man das Ausschalten vergessen, ist dies nicht weiter schlimm, denn so lange sich die Prüfspitzen nicht berühren, hält die Batterie einige Jahre.

Wie der Name „Durchgangsprüfer“ schon sagt, können hiermit Bauteile oder Verbindungsleitungen geprüft werden. Die Schaltung hat eine akustische und optische Anzeige. Durch die hell aufleuchtende LED kann auch aus einiger Entfernung, wenn der Ton u. U. nicht mehr hörbar ist, eine Kontrolle durchgeführt werden.

Ein besonderes Merkmal dieses Durchgangsprüfers ist, dass sich die Tonhöhe entsprechend mit dem Widerstand des Testobjekts ändert. Tonhöhe und Widerstand verhalten sich dabei umgekehrt proportional. Das heißt: hoher Ton bedeutet kleiner Widerstand, tiefer Ton großer Widerstand. Somit lassen sich alle Zustände vom Kurzschluss über Widerstand bis hin zur Unterbrechung qualitativ detektieren. **ELV**

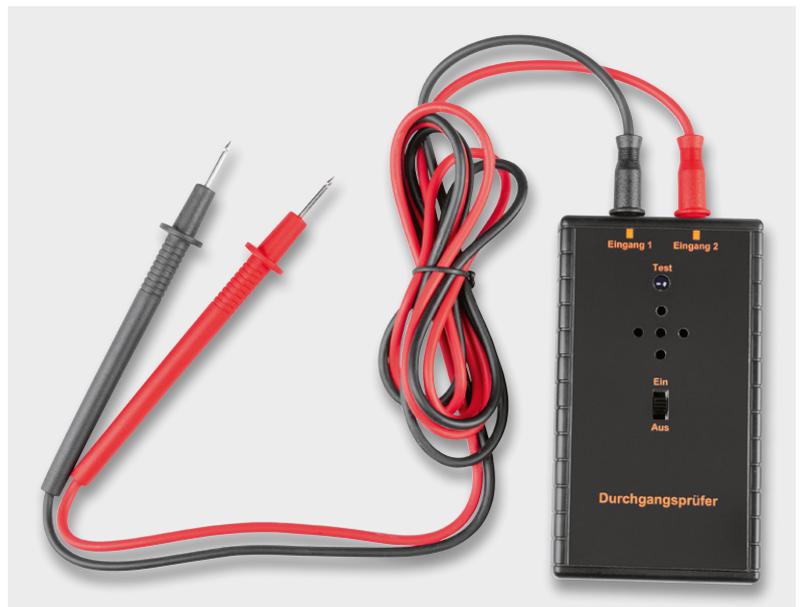


Bild 15: Fertig aufgebaute Schaltung mit angeschlossenen Prüfkabeln



Wichtiger Sicherheitshinweis:

Der selbst gebaute Durchgangsprüfer darf nicht in spannungsführenden Geräten oder Schaltungen verwendet werden. Die zu messenden Objekte müssen spannungsfrei sein!



Weitere Infos:

- [1] ELVjournal 4/2000 – Akustischer Durchgangsprüfer DP100: Artikel-Nr. 201975
- [2] Bausatz Durchgangsprüfer DP100: Artikel-Nr. 038437
- [3] ELV Gehäuse Unibox1: Artikel-Nr. 154290
- [4] ELV Lochrasterplatine (Unibox1-PCB1) für Gehäuse UniBox1: Artikel-Nr. 154728
- [5] ELV Bausatz Prototypenadapter PADx für Steckboards:
PAD1: Artikel-Nr. 153761 – PAD2: Artikel-Nr. 154712 – PAD3: Artikel-Nr. 154743
- [6] Download Bohrschablone: Artikel-Nr. 252228